

TITLE OF THE INVENTION

MICROSCOPE SYSTEM

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Application No. 2000-028323, filed February 4, 2000, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、顕微鏡による観察像の撮像に電子カメラを使用した顕微鏡システムに関する。

従来、顕微鏡による観察像を記録するために、観察像を銀塩フィルムを使用したカメラにより撮影する方法が用いられていたが、最近では電子カメラの高性能化にともない、観察像を電子カメラにより撮像する方法が多く用いられるようになっている。

ところで、電子カメラを用いて顕微鏡の観察像を最適な状態で撮像するには、顕微鏡での対物レンズの倍率、中間変倍率（ズーム倍率）、接眼レンズ倍率などの光学系倍率（投影倍率）をはじめ、検鏡方式、照明光の明るさ、照明光色温度など、観察条件や設置環境に応じて電子カメラの露出時間、ゲインなどを調整する必要がある。

ところが従来では、これら電子カメラ側での調整は、検鏡者が勘や経験に基いて手動により行なわなければならない、そのための作業が面倒になるとともに、検鏡者の経験の度合いによって、撮像結果に差が生じるなどの問題がある。このため、従来では顕微鏡システムが使用しづらいものとなっている。

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

本発明の目的は、顕微鏡側の設定及び動作状態に基いて電子カメラを最適な条件に自動的に設定可能にした顕微鏡システムを提供することにある。

本発明の顕微鏡システムは、顕微鏡による観察像の撮像に電子カメラを使用し、た顕微鏡システムにおいて、前記顕微鏡側の少なくとも対物レンズと写真接眼レンズの投影倍率に係る光学系の組み合わせ、観察方法、及び照明条件の少なくとも一つの状態に応じて、前記電子カメラにおける撮像素子の撮像動作を最適な状態に設定する制御部を備えている。

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means of the instrumentalities and combinations particularly pointed out hereinafter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention, and together with the general description given above and the detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

図 1 は、本発明の実施例に係る顕微鏡システムの構成を示す図である。

図 2 は、本発明の実施例に係る顕微鏡システムの詳細な構成を示す図である。

図 3 は、本発明の実施例に係る顕微鏡システムに用いられる電子カメラの構成を示すブロック図である。

図 4 A、図 4 B は、本発明の実施例に係るビニングを説明するための図である。

図 5 は、本発明の実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。

図 6 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 7 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 8 は、本発明の実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。

図 9 A、図 9 B は、本発明の実施例に係るシェーディング補正を説明するための図である。

図 10 A は、本発明の実施例に係る入出力特性 LUT を示す図である。

図 10 B は、本発明の実施例に係る入出力特性を示す図。

図 11 A、図 11 B は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 12 は、本発明の実施例に係る中間変倍光学系によるシェーディングの変化を示す図である。

図 13 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 14 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 15 A～図 15 D は、本発明の実施例に係る入出力特性 LUT を示す図である。

図 16 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 17 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 18 は、本発明の実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。

図 19 は、本発明の実施例に係る動作手順を示すフローチャートである。

図 20 は、本発明の実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

以下、本発明の実施例を図面に従い説明する。

図 1 は、本発明の実施例に係る顕微鏡システムの構成を示す図である。図 1 において、顕微鏡本体 1 には、ステージ 26 上の試料 3 に対向する対物レンズ 27 が配置されている。また、この対物レンズ 27 を介した観察光軸上には、三眼鏡筒ユニット 5 を介して接眼レンズユニット 6 が配置されているとともに、結像レンズユニット 100 を介して電子カメラ 36 が配置されている。

図 2 は、上記顕微鏡システムの詳細な構成を示す図である。図 2 では、透過明

視野観察、暗視野観察、位相差観察、微分干渉観察、蛍光観察などの各種の検鏡法を適宜選択可能な構成を示している。

図2に示す顕微鏡システムには、照明系として、透過照明光学系11及び落射照明光学系12が備えられている。透過照明光学系11には透過照明用光源13が備えられ、この透過照明用光源13から照射される透過照明光の光路上に、この透過照明光を集光するコレクタレンズ14、透過用フィルタユニット15、透過視野絞り16、透過シャッタ161、折曲げミラー17、透過開口絞り18、コンデンサ光学素子ユニット19、及びトップレンズユニット20が配置されている。また、落射照明光学系12には、落射照明用光源21が備えられ、この落射照明用光源21から照射される落射照明光の光路上に、落射用フィルタユニット22、落射シャッタ23、落射視野絞り24、及び落射開口絞り25が配置されている。

透過照明光学系11と落射照明光学系12との各光軸が重なる観察光路S上には、観察の対象となる標本を載せる試料ステージ26、対物レンズ27が複数装着され、一つの対物レンズ27を回転動作で選択し観察光路S上に位置させるためのレボルバ28、対物レンズ側光学素子ユニット29、例えば透過明視野観察または蛍光観察などの各種検鏡法に応じて観察光路S上のダイクロイックミラーを切り替えるためのキューブユニット30、観察光路Sを観察光路S'と観察光路S''とに分岐するビームスプリッタ31が配置されている。このビームスプリッタ31は、三眼鏡筒ユニット5内に配置されている。

ビームスプリッタ31で手前に折り曲げられた観察光路S'上には、接眼レンズ6aが配置されている。また、ビームスプリッタ31を透過した観察光路S''上には、中間変倍光学系（ズーム鏡筒）33、オートフォーカス（AF）ユニット371と写真接眼レンズユニット35からなる結像レンズユニット100、及び電子カメラ36が配置されている。

中間変倍光学系（ズーム鏡筒）33は、電子カメラ36で撮像される像を変倍するための変倍ズームレンズ33aを内蔵している。なお、中間変倍が不要な場合は、この中間変倍光学系（ズーム鏡筒）33を取り外すことができる。電子カメラ36内には撮像素子42が配置されている。対物レンズ27からの光像は、

写真接眼レンズユニット 3 5 内の写真接眼レンズ 3 5 a によって撮像素子 4 2 の撮像面に結像する。

オートフォーカス (AF) ユニット 3 7 1 内には、ビームスプリッタ 3 4 が配置され、ここで観察光路 S'' から分岐された光路上には、AF 用受光素子 3 4 a が配置されている。オートフォーカスユニット 3 7 1 は、この受光素子 3 4 a からの出力信号をもとに合焦検出を行なうもので、AF 機能が不要な場合にはユニットごとに取り外すことができる。

透過照明光学系 1 1 における透過用フィルタユニット 1 5、透過視野絞り 1 6、透過シャッタ 1 6 1、透過開口絞り 1 8、コンデンサ光学素子ユニット 1 9、及びトップレンズユニット 2 0、落射照明光学系 1 2 における落射用フィルタユニット 2 2、落射シャッタ 2 3、落射視野絞り 2 4、及び落射開口絞り 2 5、レボルバ 2 8、対物レンズ側光学素子ユニット 2 9、キューブユニット 3 0、ビームスプリッタ 3 1、中間変倍光学系 (ズーム鏡筒) 3 3 は、それぞれモータライズされており、駆動回路部 3 7 からの各駆動信号によって図示しない各モータにより駆動される。

一方、レボルバ 2 8 には、観察光路 S 上に位置される対物レンズ 2 7 の種類を検出する対物レンズ検出部 3 8 が配置され、対物レンズ側光学素子ユニット 2 9 には、リタデーション調整動作を検出するリタデーション調整動作検出部 3 9 が配置され、写真接眼レンズユニット 3 5 には、写真接眼レンズの種類を検出する写真接眼レンズ検出部 4 0 が配置されている。

顕微鏡コントロール部 4 1 は、顕微鏡全体の動作を制御するもので、透過照明用光源 1 3、落射照明用光源 2 1、駆動回路部 3 7、対物レンズ検出部 3 8、リタデーション調整動作検出部 3 9、写真接眼レンズ検出部 4 0、及び電子カメラ 3 6 が接続されている。

顕微鏡コントロール部 4 1 は、検鏡者による図示しない操作部の操作に従って、透過照明用光源 1 3 及び落射照明用光源 2 1 の調光を行なうとともに、駆動回路部 3 7 に対して制御指示を行なう。さらに顕微鏡コントロール部 4 1 は、透過照明用光源 1 3 及び落射照明用光源 2 1 に対する制御状態、駆動回路部 3 7 に対する制御状態を始め、対物レンズ検出部 3 8、リタデーション調整動作検出部 3

9、写真接眼レンズ検出部40からの検出情報を電子カメラ36へ出力し、電子カメラ36での撮像条件を自動設定する。

図3は、上記顕微鏡システムに用いられる電子カメラの構成を示すブロック図である。図3にて一点鎖線で囲まれる部分は、顕微鏡コントロール部41により撮像条件が設定される電子カメラ36の構成を示している。図3において、撮像素子42はカラー画像を撮像するものであり、上述した顕微鏡の写真接眼レンズユニット35とともに観察光路S"上に配置されている。撮像素子42は、顕微鏡により拡大される標本の観察像を撮像し光電変換する。撮像素子42には、撮像素子冷却部421が取付けられている。撮像素子冷却部421は、冷却温度設定部422を介して制御部48に接続され、制御部48の指示に基づく冷却温度設定部422の設定温度で撮像素子42の冷却を行なう。

撮像素子42の撮像出力は前置処理部43に入力される。この前置処理部43は、撮像素子42からの出力信号を映像信号化して、R（赤）、G（緑）、B（青）の各色信号に分離する機能を有している。撮像素子42には、CCD駆動部49を介して露出時間設定部45、ビンニング数設定部46、CCD駆動モード設定部47が接続されている。これらにより、制御部48の指示に従い、CCD駆動部49を介して撮像素子42に対する露出時間、ビンニング数、CCD駆動モード（例えば、通常の駆動モードの他に、高速駆動モードへの切換え）などの撮像条件が制御される。

ここでビンニングとは、撮像素子42の画素を図4A、図4Bに示すように表わした場合、通常図4Aのような撮像単位401で撮像するのに対し、図4Bのような周辺の画素を加算した撮像単位402で、1回のみの読出しにより撮像することを示す。これにより、撮像素子42の解像度は低下するが、読出しノイズを増やすことなく信号量を増大することができ、感度が向上する。本実施例で用いるビンニング数とは、ビンニングを行なうときの加算画素数を示し、図4Bの場合はビンニング数‘2’とする。

また撮像素子42には、通常の駆動モード（低速読み出しモード）または高速読み出しモードが、制御部48の指示によりCCD駆動モード設定部47を介して設定される。撮像素子42は、マトリックス状の受光素子の集合として構成さ

での画像調整の際のフィルタ設定、シェーディング補正パターン、色マトリックス、色バランス、及び階調特性などの変更が制御される。シェーディング補正パターン設定部55には、制御部48が接続されている。制御部48はフレームメモリ51の画像データからシェーディング補正パターンを演算し、メモリ48aに記憶する。画像調整部53により画像調整された観察画像データは、画像記録部59へ送られ記憶されるとともに、表示処理部60を介して表示部61へ送られて画像表示される。

画像記録部59には、画像圧縮率設定部62と画像記録画素数設定部63が接続されており、これらにより、制御部48の指示に従って記録画像の圧縮率、記録画素数などの変更が制御される。また、表示部61は、表示処理部60により表示画像サイズや表示速度が設定されるとともに、アナログ信号に変換された観察画像をモニタ表示する。さらに表示部61には、モニタ制御部64が接続されており、このモニタ制御部64により、制御部48の指示に従ってモニタ表示のオンオフが制御される。

一方、制御部48には、上述した顕微鏡の顕微鏡コントロール部41が接続されており、電源回路65が接続されている。この電源回路65は、電子カメラ36全体の電源を管理するもので、制御部48の指示によりON/OFFが制御される。

また制御部48には、GPSなどからなる位置検出部651、気圧検出部66、磁場検出部67、温度検出部68、湿度検出部69、環境照度検出部70、環境照明分光特性（または色温度）検出部71、振動検出部72など、顕微鏡周囲の種々の状況を検出する各種検出部が接続されている。制御部48には、冷却部73、暖房部74、乾燥部75など、顕微鏡周囲の環境を変化させるためのユニットが接続され、さらに、俊ぶれ警告表示部76、警告表示部77などの警告部が接続され、さらにまた、アクティブ除振制御部78を介してアクティブ除振ユニット79が接続されている。アクティブ除振ユニット79は、顕微鏡の振動を強制的に取除くためのもので、振動検出部72により所定強さ以上の振動が検出されると、アクティブ除振制御部78からの除振開始指令を受けて動作する。

次に、以上のように構成された顕微鏡システムの作用を説明する。

第1実施例では、顕微鏡の投影倍率、観察法（照明条件）のいずれかの状態に応じて、電子カメラの撮像素子の撮像動作状態を最適な条件に設定する。

図5は、本第1実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。図5の構成は、図3に示した構成から関係する部分を抜き出したものであるため、その構成部分の説明は省略する。

（1）投影倍率の状態→ビニング数の設定：ビニング数は、投影倍率の状態に応じて設定される。

まず検鏡者が、図示しない操作部から顕微鏡コントロール部41に対して、光学系倍率（投影倍率）の切換えを指示すると、この指示内容に応じて顕微鏡コントロール部41により対物レンズ27の倍率、中間変倍光学系33での中間変倍率が切換えられる。この状態から、以下に述べる動作が実行される。

図6は、本第1実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ401で、対物レンズ検出部38による対物レンズ27の情報、駆動回路部37による中間変倍光学系33の情報、及び写真接眼レンズ検出部40による写真接眼レンズユニット35の情報から、顕微鏡コントロール部41により、対物レンズ27、中間変倍光学系33、写真接眼レンズユニット35の有無及び倍率が検出される。これら顕微鏡コントロール部41で検出された情報は、電子カメラ36の制御部48に送られる。なお制御部48は、下表1のような対物レンズとNA（開口数）の対応テーブルをメモリ48aに記憶しており、このテーブルから対物レンズのNAを求める。

表1：対物レンズの種類とNAの対応テーブル

対物レンズ	4倍	10倍	20倍	40倍	60倍
NA	0.16	0.4	0.7	0.8	0.9

ステップ402では、制御部48が入力された情報から撮像素子42上での分解能を算出する。すなわち制御部48は、入力された対物レンズ27、中間変倍光学系33のズーム倍率、写真接眼レンズの倍率の情報から、光学系全体の結像倍率を求め、この結像倍率と予め求めている対物レンズのNAから、電子カメラ

36へ入射する光線のNAを次式により求める。

入射光線のNA=対物レンズのNA/光学系の結像倍率

さらに制御部48は、このように求めたNAから撮像素子42上の分解能Rを次式により求める。

$$R = 0.5 \lambda / \text{入射光線のNA} \quad \text{または} \quad 0.61 \lambda / \text{入射光線のNA}$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ：例えば $0.55 \mu\text{m}$)

次にステップ403で、制御部48はビニングによる撮像時のサンプリングピッチが分解能Rの $1/2$ 以下になる最大のビニング数を求める。すなわち制御部48は、ビニング数をB、撮像素子42の素子ピッチをpとしたときに次式を満たす1以上の最大の整数Bを求める。

$$B < R / 2p$$

次にステップ404で、制御部48は求めたビニング数をビニング数設定部46へ出力する。これにより、CCD駆動部49を介して駆動される撮像素子42のビニング数は、対物レンズ27、中間変倍光学系33、写真接眼レンズユニット35の組み合わせで決まる投影倍率での分解能に最適な値に設定され、顕微鏡による光学情報を欠如しない範囲で、撮像素子42で最高の感度、最低限のデータ数による撮像を得ることができる。

なお、対物レンズ、中間倍率、写真接眼レンズの有無等の条件に応じた最適ビニング数を予め下表2のようなテーブルとして制御部48のメモリ48a内に記憶し、制御部48が顕微鏡コントロール部41からの信号を受けたときにこのテーブルを参照することにより、ステップ402を省略して最適ビニング数を設定するようにすることもできる。

表2：光学系の組み合わせとビニング数の対応テーブル

対物レンズ	4倍	4倍	4倍	4倍	10倍	...	40倍	40倍	...
中間変倍	1倍	1倍	2倍	2倍	1倍	...	1倍	1倍	...
写真接眼レンズ	1倍	2倍	1倍	2倍	1倍	...	1倍	2倍	...
ビニング数	1	1	1	3	1	...	2	3	...

その他ビニング数を求める変形例として、以下のようなものがある。

(1) 変形例 1

光学系の組合わせと NA の対応テーブルから NA を求め、さらに NA から分解能を求め、分解能と CCD の画素ピッチの関係からビニング数を求める。

この場合、下表 3 のようなテーブルを予め制御部 48 のメモリ 48a 内に記憶しておく。制御部 48 は、前述のように顕微鏡コントロール部 41 からの情報により光学系の組合わせを識別し、記憶されているテーブルと比較して光学系の組合わせに対応する電子カメラへ入射する光線の NA を求める。

表 3：光学系の組合わせと NA の対応テーブル

対物レンズ	4倍	4倍	4倍	4倍	10倍	...	40倍	40倍	...
中間変倍	1倍	1倍	2倍	2倍	1倍	...	1倍	1倍	...
写真 接眼レンズ	1倍	2倍	1倍	2倍	1倍	...	1倍	2倍	...
NA	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	...	0.02	0.01	...

次に制御部 48 は、この光線の NA から次式により分解能 R を求める。

$$R = 0.5\lambda / \text{入射光線の NA} \quad \text{または} \quad 0.61\lambda / \text{入射光線の NA}$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ：例えば $0.55\mu\text{m}$)

さらに制御部 48 は、ビニング数を B、撮像素子 42 の素子ピッチを p としたときに次式を満たす 1 以上の最大の整数 B としてビニング数を求める。

$$B < R / 2p$$

(2) 変形例 2

顕微鏡の結像光学系が対物レンズ 27 と 1 種類の結像レンズとから構成される場合、下表 4 のような対物レンズとビニング数の対応テーブルからビニング数を求める。

この場合、下表 4 のようなテーブルを予め制御部 48 のメモリ 48a 内に記憶しておく。制御部 48 は、前述のように顕微鏡コントロール部 41 からの情報により対物レンズを識別し、記憶されているテーブルと比較してビニング数を求める。

表 4：対物レンズの種類とビニング数の対応テーブル

対物レンズ	4倍	10倍	20倍	40倍	60倍
ビニング数	1	1	1	2	2

(3)変形例 3

顕微鏡の結像光学系が対物レンズ 2 7 と 1 種類の結像レンズとから構成される場合に、対物レンズと NA の対応テーブルから NA を求め、さらに NA から分解能を求め、分解能と CCD の画素ピッチの関係からビニング数を求める。

この場合、下表 5 のような対物レンズと撮像素子上の NA の対応テーブルを予め制御部 4 8 のメモリ 4 8 a 内に記憶しておく。制御部 4 8 は、前述のように顕微鏡コントロール部 4 1 からの情報により使用されている対物レンズを識別し、その対物レンズに対する撮像素子 4 2 上の光線の NA を求める。

表 5：対物レンズの種類と NA の対応テーブル

対物レンズ	4倍	10倍	20倍	40倍	60倍
NA	0.04	0.04	0.035	0.02	0.015

さらに制御部 4 8 は、この光線の NA から次式により分解能を求める。

$$R = 0.5 \lambda / \text{入射光線の NA} \quad \text{または} \quad 0.61 \lambda / \text{入射光線の NA}$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ：例えば $0.55 \mu\text{m}$)

さらに制御部 4 8 は、ビニング数を B、撮像素子 4 2 の素子ピッチを p としたときに次式を満たす 1 以上の最大の整数 B としてビニング数を求める。

$$B < R / 2p$$

(2) 観察法の状態→AE 演算モードの設定：AE 演算モードは、観察法の状態に応じて設定される。

検鏡者が、図示しない操作部から顕微鏡コントロール部 4 1 に対して、透過明視野観察、暗視野観察、位相差観察、微分干渉観察、蛍光観察などの検鏡法、つまり観察法の選択を指示すると、これらの観察法に応じて顕微鏡コントロール部 4 1 は、駆動回路部 3 7 に対して透過照明光学系 1 1、落射照明光学系 1 2 の選

択を始め、透過用フィルタユニット15、透過視野絞り16、ミラー17、透過開口絞り18、コンデンサ光学素子ユニット19、トURRENZユニット20、落射用フィルタユニット22、落射シャッタ23、落射視野絞り24及び落射開口絞り25、レボルバ28、対物レンズ側光学素子ユニット29、キューブユニット30などの切換え指示を行なう。この状態から、以下に述べる動作が実行される。

図7は、本第1実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ801で、顕微鏡コントロール部41から観察方法の情報が電子カメラ36の制御部48へ送られる。ステップ802で、制御部48は、入力された情報から予めメモリ48a内に記憶されている観察法別AE演算モードテーブルを用いて、以下に示すモードの切換えを行なう。

この場合、下表6のような観察法別AE演算モードテーブルには、各観察法に対応する露出演算モードが書き込まれている。

表6：観察法別AE演算モードテーブル

観察法	透 過 観 察 法				落 射 観 察 法		
	明視野	暗視野	微分干渉	位相差	明視野	暗視野	蛍光
露出演算モード	AUTO	FL-AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	FL-AUTO	SFL-AUTO

表6で、「AUTO」モードは、通常の明視野標本を基準にした演算モードであり、明視野、微分干渉、位相差など、比較的標本バックが明るい標本を測光するのに適した演算モードである。「FL-AUTO」モードは、明視野標本より暗い標本をターゲットにした演算モードで、落射蛍光、暗視野観察に適した演算モードである。「SFL-AUTO」モードは、落射蛍光観察に最も適した演算モードであり、蛍光発色の分布と強度を判断し、演算するモードである。

なお、このような観察法別AE演算モードテーブルは、必要に応じて更新可能であり、図示しない演算モード設定画面で選択可能になっている。また、検鏡者の好みに合わせた変更も可能になっており、変更した時点での観察法の演算モー

ドデータが更新されるようになっている。

制御部 4 8 は、こうして得られた演算モードを A E 設定部 4 4 を介して A E 演算部 4 4 1 に設定し、A E 演算部 4 4 1 は観察法に最適な露出時間とゲインを求め、それぞれ露出時間設定部 4 5 とゲイン設定部 5 0 へ出力する。これにより、C C D 駆動部 4 9 を介して駆動される撮像素子 4 2 の露出時間は、露出時間設定部 4 5 に設定された露出時間に変更され、前置処理部 4 3 のゲインも、ゲイン設定部 5 3 に設定されたゲインに変更される。

以上説明したように、ビニング数、A E 演算モード、露出時間、ゲインなどの設定は、上記 (1) (2) のように行なわれるが、以下に説明する (3) (4) の方法によっても調整可能である。

(3) 照明条件 (明るさ) → ビニング数、露出時間、ゲインの設定

透過照明光学系 1 1 または落射照明光学系 1 2 での照明光の明るさが変化した場合、透過照明用光源 1 3 及び落射照明用光源 2 1 に対する照明電圧、駆動回路 3 7 の駆動内容から、各種フィルタのうち光路上に挿入される N D フィルタや色温度変換フィルタの種類や個数などの情報が顕微鏡コントロール部 4 1 で検出されると、これらの情報は、顕微鏡コントロール部 4 1 から電子カメラ 3 6 の制御部 4 8 へ送られる。

制御部 4 8 では、入力された情報から照明光の明るさに最適なビニング数を求め、このビニング数をビニング数設定部 4 6 へ出力する。これにより、C C D 駆動部 4 9 に設定された照明光の明るさに適したビニング数に変更され、変更後の照明光の明るさに対応した最も速い画像の書き換えサイクルで動画を表示することができる。

同様に、顕微鏡コントロール部 4 1 からの照明電圧及びフィルタ情報が制御部 4 8 に入力されると、制御部 4 8 では、入力された情報から照明光の明るさに最適な露光時間とゲインを求め、露出時間設定部 4 5 とゲイン設定部 5 0 へ出力する。これにより、C C D 駆動部 4 9 を介して駆動される撮像素子 4 2 の露出時間は、照明光の明るさに適した露出時間に設定されるとともに、前置処理部 4 3 のゲインもゲイン設定部 5 0 に設定された照明光の明るさに適したゲインに変更され、照明光の明るさに対応した A E スタート値を設定し、最も効率のよい A

E制御を行なうことができる。

(4) 投影倍率の状態→露出時間、ゲインの設定

顕微鏡コントロール部41により、対物レンズ27、中間変倍光学系33、写真接眼レンズユニット35の組み合わせによる投影倍率が制御部48に入力されると、制御部48は、入力された情報から光学系の投影倍率に最適な露出時間とゲインを求め、それぞれ露出時間設定部45とゲイン設定部50へ出力する。これにより、CCD駆動部49を介して駆動される撮像素子42の露出時間は、露出時間設定部45に設定された投影倍率変更に適した露出時間に設定されるとともに、前置処理部43のゲインもゲイン設定部50に設定された投影倍率変更に適したゲインに変更できる。

以上のように第1実施例によれば、顕微鏡の対物レンズの種類などによって決まる投影倍率に応じて電子カメラの撮像動作状態を最適に制御できるので、検視者が電子カメラの扱いを熟知していなくとも、顕微鏡による観察像を常に最適な状態で撮像することができる。

第2実施例では、顕微鏡の投影倍率、観察法、照明条件のいずれかの状態に応じて、電子カメラの撮像素子から読み出された画像データの画質調整の条件を最適に設定する。

図8は、本第2実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。図8の構成は、図3に示した構成から関係する部分を抜き出し詳細に示したものであるため、図3と同一部分の説明は省略する。

画像調整部53は、シェーディング補正部531、色バランス補正部532、色マトリックス補正部533、階調特性補正部534、及びフィルタ部535から構成されている。フレームメモリ51から送られた画像データは、画像調整部53に送られ、まず、シェーディング補正部531でシェーディング補正が行なわれる。以下、このシェーディング補正について詳しく説明する。

図9A、図9Bは、シェーディング補正を説明するための図である。対物レンズ27及び結像レンズユニット100による標本の光像を撮像素子42で撮像すると、画像の中心部が明るく、周辺部が暗くなるシェーディングが発生する。例えば標本を置かず透過照明による像を撮像すると、図9Aの9aのように撮像

される。また、撮像画像の中心線に沿った輝度分布は図9 Aの9 bのようになる。このシェーディングの量は、対物レンズの種類A, B, Cによって異なる。このようなシェーディングの補正を、図9 Bの9 cのようなシェーディング補正パターンに基づき行なう。

例えば対物レンズCの場合、画像の中心部を100%とすると周辺部ではシェーディングのために90パーセントの明るさとなる。図9 Bの9 dに示すように、対物レンズCに対応するシェーディング補正パターンC'は、画像の中心部が1、周辺部が1.11のゲインを持つパターンである。このようなシェーディング補正パターンを用いてシェーディングの補正を行なうと、中心部では元の画像に対しゲイン1をかけるのに対し、周辺部ではゲイン1.11をかける。元画像の周辺部の明るさは、中心部の90パーセントであるため、ゲイン1.11をかけることにより、中心部と同じ100%となる。画像上の各位置で同様のシェーディング補正パターンによるゲイン調整を行なうことにより、画像はシェーディング補正され、例えば照明のみを撮像した場合、全面が一様な画像となる。

以上のようなシェーディング補正を行なうためにシェーディング補正部531は、シェーディング補正パターン設定部55に接続されており、このシェーディング補正パターン設定部55で設定されたシェーディング補正パターンに基づいてシェーディング補正を行なう。

次に、シェーディング補正が行なわれた画像パターンは、色バランス補正部532で、色バランス補正が行なわれる。撮像素子42で撮像された画像は、照明光の色温度によって照明のみを撮像した場合の色が異なる。すなわち、色温度が低い場合は赤っぽく、色温度が高い場合は、青っぽく撮像される。このような色の違いを無くすため、色バランス補正部532により画像データのRデータ及びBデータに適当な係数を乗算する。色バランス補正部532は、色バランス設定部57に接続されており、この色バランス設定部57でRデータ及びBデータに乘じる係数の設定が行なわれる。

次に、色バランス補正が行なわれた画像データは、色マトリックス補正部533で色補正が行なわれ、撮像素子42で撮像された画像のRGB信号が、より視覚的に色再現性のよい画像データに変換される。この変換前後の画像データの信

号をそれぞれR 1, G 1, B 1及びR 2, G 2, B 2とすると、色マトリックス補正部5 3 3では、次式(1)により変換が行なわれる。

$$\begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a11 & b12 & c13 \\ a21 & b22 & c23 \\ a31 & b32 & c33 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

色マトリックス補正部5 3 3は、色マトリックス設定部5 6に接続されており、この色マトリックス設定部5 6で上記(1)式の変換行列の設定が行なわれる。

次に、色補正の行なわれた画像データは、階調特性補正部5 3 4で階調特性の補正が行なわれる。この階調特性の補正では、R 2, G 2, B 2の各データが図1 0 Aに示す入出力特性L U TによりR 3, G 3, B 3の各データに変換される。階調特性補正部5 3 4は、階調特性設定部5 8に接続されており、この階調特性設定部5 8で入出力特性L U Tの設定が行なわれる。

次に、階調特性補正の行なわれた画像データは、フィルタ部5 3 5によりフィルタがかけられる。フィルタ部5 3 5は、フィルタ設定部5 4に接続されており、このフィルタ設定部5 4で画像にかけるフィルタが設定される。ここで用いられるフィルタには、ローパスフィルタやエッジ強調フィルタや平滑化フィルタなど、さまざまなものを選択することができる。フィルタをかけられた画像データは、表示処理部6 0及び画像記録部5 9へ送られる。

(1) 投影倍率の変化→シェーディング補正パターンの設定

まず制御部4 8は、顕微鏡のセットアップ時等に、光学系の組み合わせ、観察方法等の各条件におけるシェーディング補正パターンを求めて、これを予めメモリ4 8 aに記憶させておく。この設定手順は、図1 1 A及び図1 1 Bに示すフローチャートに従い実行される。

図1 1 A及び図1 1 Bは、本第2実施例の動作手順を示すフローチャートである。まず、図1 1 Aのステップ7 0 1で、全ての観察方法、対物レンズ2 7、中間変倍光学系3 3、写直接眼レンズユニット3 5の組み合わせにおける照明のみによる図9 Aの9 aのような像が撮像される。次にステップ7 0 2で、制御部4 8は全ての観察方法、対物レンズ2 7、中間変倍光学系3 3、写直接眼レンズユニット3 5の組み合わせによる図9 Bの9 cのようなシェーディング補正パター

ンを算出して、メモリ 48 a に記憶する。

そして実際の検鏡時に、検鏡者が顕微鏡コントロール部 41 で指示することにより、対物レンズ 27、中間変倍光学系 33 の中間変倍率が切り替えられると、図 11 B のステップ 703 で、制御部 48 は、観察方法、対物レンズ 27、中間変倍光学系 33、写真接眼レンズユニット 35 を検出し、ステップ 704 で、観察方法、対物レンズ 27、中間変倍光学系 33、写真接眼レンズユニット 35 の組み合わせに対応する図 9 B の 9 c のようなシェーディング補正パターンをメモリ 48 a からロードし、ステップ 705 で、このシェーディング補正パターンをシェーディング補正パターン設定部 55 へ出力する。これにより画像調整部 53 では、シェーディング補正パターン設定部 55 に設定されたシェーディング補正が行なわれる。

次に、中間変倍光学系で連続的に倍率が変化するズーム光学系の場合について説明する。この場合、上記と同様の方法により、制御部 48 は中間変倍光学系 33 の倍率が 1 倍のときの全ての光学系の組み合わせ、観察方法等の各条件におけるシェーディング補正パターンを算出して、メモリ 48 a に記憶しておく。

実際の検鏡時には、検鏡者が顕微鏡コントロール部 41 で指示することによって、対物レンズ 27、中間変倍光学系 33 のズーム倍率が切り替えられると、顕微鏡コントロール部 41 は光学系の組み合わせ、観察方法、中間変倍光学系 33 のズーム倍率を検出し、その情報を制御部 48 へ送る。制御部 48 は光学系の組み合わせ、観察方法に対応したシェーディング補正パターンをメモリ 48 a から選択し、さらにズーム倍率によるパターンの調整を行なう。この調整は、以下のように行なわれる。

図 12 は、中間変倍光学系 33 によるシェーディングの変化を示す図であり、中間変倍光学系 33 のズーム倍率が 1 倍から 2 倍へ変化した場合を示している。中間変倍光学系 33 のズーム倍率が 1 倍から 2 倍へ変化する、同じ対物レンズに対するシェーディングであっても、CCD で撮像される範囲が 12 a のように変わり、撮像結果に生じるシェーディングは 12 b のようになる。このため、中間変倍光学系 33 のズーム倍率が変化したときにシェーディングを補正するシェーディング補正パターンは、12 c のようになる。

すなわち、中間変倍光学系 3 3 の倍率が 1 倍のときのシェーディング補正パターンに対して、ズーム倍率が変化したときのシェーディング補正パターンを、ズーム倍率の分だけ大きさの変化した（この場合 2 倍の大きさ）パターンとして、そのパターンの中の撮像範囲のみを切り出すように調整すればよい。このように調整されたシェーディング補正パターンにより、シェーディング補正が行なわれる。

（２）照明条件（色温度）の状態→色バランス調整の設定

撮像素子 4 2 によって撮像される画像は、照明光の色温度によって、照明のみを撮像した場合の色が異なる。顕微鏡の照明光の色温度は、1 0 0 0 K から 8 0 0 0 K ぐらいまで変化する。このとき、撮像素子 4 2 で撮像される RGB データの R と G の比 R/G を横軸、B と G の比 B/G を横軸とするグラフを示すと、図 1 0 B のような色温度に対する分布になる。従って、各色温度に対応する比 R/G 及び比 B/G の逆比 G/R 及び逆比 G/B が、それぞれ色バランス補正部 5 3 2 にて R 信号及び B 信号に乗ずる係数である。制御部 4 8 のメモリ 4 8 a 内には、色温度に対応した逆比 G/R 及び逆比 G/B が、下表 7 のような照明色温度別色バランステーブルとして記憶されている。

表 7：照明色温度別色バランステーブル

色温度	1000～ 2000	2000～ 3000	3000～ 4000	4000～ 5000	5000～ 6000	6000～ 7000	7000～ 8000
色バランス	1500K 時の $G/R, G/B$	2500K 時の $G/R, G/B$	3500K 時の $G/R, G/B$	4500K 時の $G/R, G/B$	5500K 時の $G/R, G/B$	6500K 時の $G/R, G/B$	7500K 時の $G/R, G/B$

図 1 3 は、本第 2 実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ 1 5 0 1 で、透過照明用光源 1 3 及び落射照明用光源 2 1 に対する照明光電圧と駆動回路部 3 7 の駆動内容から、各種フィルタのうち、光路上に挿入される ND フィルタや色温度変換フィルタの種類や個数などの情報が顕微鏡コントロール部 4 1 により検出されると、これらの情報は、顕微鏡コントロール部 4 1 から電子カメラ 3 6 の制御部 4 8 へ送られる。

制御部48では、ステップ1502で、入力された情報、つまり、照明光電圧及び光路上に挿入されるフィルタの種類と数から照明光色温度を算出し、続けて、ステップ1503で、予め用意された表7に示す照明色温度別色バランステーブルを参照して、色バランスの切換えを行なう。なお、このような照明色温度別色バランステーブルは、必要に応じて更新可能になっている。また、観察者の好みに合わせた変更も可能になっており、変更した時点での色バランスが更新されるようになっている。

制御部48は、このようにして得られた色バランスの情報を色バランス設定部57へ出力する。これにより画像調整部53の色バランス補正部532は、画像の色バランスを色バランス設定部57に設定された色バランスに変更するため、照明光の色温度によらずホワイトバランスのとれた観察像を再現できる。

(3) 照明条件（色温度）の状態→色マトリックスの設定

撮像素子42によって撮像される画像は、照明光の色温度によって、撮像した画像の色が異なる。顕微鏡の照明光の色温度は、1000Kから8000Kぐらいまで変化する。制御部48のメモリ48a内には、各色温度によって撮像された画像を視覚的に色再現性のよい画像データに変換する色マトリックスが、下表8に示す照明色温度別色マトリックステーブルとして記憶されている。

表8：照明色温度別色マトリックステーブル

色温度	1000～ 2000	2000～ 3000	3000～ 4000	4000～ 5000	5000～ 6000	6000～ 7000	7000～ 8000
色マトリックス	1500K用 色マトリックス	2500K用 色マトリックス	3500K用 色マトリックス	4500K用 色マトリックス	5500K用 色マトリックス	6500K用 色マトリックス	7500K用 色マトリックス

図14は、本第2実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ1301で、透過照明用光源13及び落射照明用光源21に対する照明光電圧と駆動回路部37の駆動内容から、各種フィルタのうち、光路上に挿入されるNDフィルタや色温度変換フィルタの種類や個数などの情報が顕微鏡コントロール部41により検出されると、これらの情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。

制御部 48 では、ステップ 1302 で、入力された情報、つまり、照明光電圧及び光路上に挿入されるフィルタの種類と数から照明光色温度を算出し、続けて、ステップ 1303 で、予め用意された表 8 に示す照明色温度別色マトリックステーブルを参照して、色マトリックスの切換えを行なう。なお、このような照明色温度別色マトリックステーブルは、必要に応じて更新可能になっている。また、観察者の好みに合わせた変更も可能になっており、変更した時点での色マトリックスが更新されるようになっている。

制御部 48 は、このようにして得られた色マトリックスの情報を色マトリックス設定部 56 へ出力する。これにより画像調整部 53 の色マトリックス補正部 533 は、画像のパターンを色マトリックス設定部 56 に設定されたパターンに変更するため、照明光の色温度によらず、視覚的に色再現性のよい観察像を再現できる。

(4) 観察法の状態→階調特性の設定

制御部 48 のメモリ 48a 内には、観察方法に適した階調特性が、下表 9 に示す観察法別階調特性テーブルとして記憶されている。

表 9：観察法別階調特性テーブル

観察法	透 過 観 察 法				落 射 観 察 法		
	明視野	暗視野	微分干渉	位相差	明視野	暗視野	蛍光
階調特性	階調特性A	階調特性B	階調特性C	階調特性C	階調特性A	階調特性B	階調特性D

図 15A～図 15D は、それぞれ表 9 における階調特性 A～D の入出力特性 LUT を表わしている。ここで階調特性 A は、図 15A に示すもので、透過明視野観察及び落射明視野観察に適している。階調特性 B は、図 15B に示すもので、透過暗視野観察及び落射暗視野観察に適している。階調特性 C は、図 15C に示すもので、微分干渉観察及び位相差観察に適している。そして、階調特性 D は、図 15D に示すもので、落射蛍光観察に適している。なお、このような観察法別階調特性テーブルは、必要に応じて更新可能であり、変更した時点での観察法の

階調特性が更新されるようになっている。

図16は、本第2実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ1001で、顕微鏡コントロール部41により観察方法が検出されると、この情報は電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48は、ステップ1002で、入力された情報から予め用意された表9に示す観察法別階調特性テーブルを参照して、階調特性の切換えを行なう。

制御部48は、このようにして観察法に最適な階調特性を求め、階調特性設定部58へ出力する。これにより画像調整部53の階調特性補正部534は、画像の階調を階調特性設定部58に設定された階調特性に変更するため、観察法に適した階調の再現を行なうことができる。なお、この階調特性は、RGBデータ別に設けることが可能である。

(5) 投影倍率の状態→フィルタの設定

図17は、本第2実施例の動作手順を示すフローチャートである。顕微鏡コントロール部41から対物レンズ倍率等の投影倍率の変化が制御部48へ通知されると、ステップ501で顕微鏡コントロール部41により、対物レンズ検出部38による対物レンズ27の情報、駆動回路部37による中間変倍光学系33の情報、写真接眼レンズ検出部40による写真接眼レンズユニット35の情報から、対物レンズ27、中間変倍光学系33、写真接眼レンズユニット35の有無及びNA、倍率が検出され、これらの情報は、電子カメラ36の制御部48へ送られる。

制御部48は、ステップ502で、光学系のカットオフ周波数を算出するとともに、ステップ503で、光学系のカットオフ周波数をローパスフィルタのカットオフ周波数として設定し、フィルタ設定部54へ出力する。これにより、画像調整部53のフィルタ部535は、光学系のカットオフ周波数に合わせてローパスフィルタのカットオフ周波数に設定されるので、画像上にあるはずのない光学系カットオフ周波数以上の情報を取り除くことができる。なお、ここでのローパスフィルタは、ソフトウェアによるものでもハードウェアによるものでもどちらでもよい。画像調整部53での設定は、上記(1)～(5)のように行なわれるが、以下に説明する(6)のように行なうこともできる。

(6) 観察法の変化→その他の画像調整条件の設定

顕微鏡コントロール部 4 1 から、使用する観察法の変化が通知されると、制御部 4 8 では、入力された情報から観察法に最適なフィルタの組み合わせを求め、フィルタ設定部 5 4 へ出力する。これにより、画像調整部 5 3 のフィルタ部 5 3 5 は、フィルタ設定部 5 4 に設定されたフィルタの組み合わせに変更される。

また、顕微鏡コントロール部 4 1 での観察方法の情報が制御部 4 8 に入力されると、制御部 4 8 では、入力された情報から観察法に最適な色マトリックスパターンを求め、色マトリックス設定部 5 6 へ出力する。これにより、画像調整部 5 3 の色マトリックス補正部 5 3 3 は、色マトリックス設定部 5 6 に設定された色マトリックスパターンに変更されるため、観察法に適した色再現を行なうことができる。

さらに、顕微鏡コントロール部 4 1 の観察方法が制御部 4 8 に入力されると、制御部 4 8 では、入力された情報から予め用意されたテーブルに基いて観察法に最適な色バランスを求め、色バランス設定部 5 7 へ出力する。これにより、画像調整部 5 3 の色バランス補正部 5 3 2 は、色バランス設定部 5 7 に設定された色バランスに変更されるため、観察法に適した色再現を行なうことができる。

以上のように第 2 実施例によれば、顕微鏡の投影倍率、観察法、照明条件のいずれかの状態に応じて、撮像素子から読み出された画像データの画質調整の条件を最適に設定できるので、検鏡者が電子カメラの扱いを熟知していなくとも、顕微鏡による観察像を常に最適な状態で撮像することができる。

第 3 実施例では、顕微鏡の投影倍率又は観察法の状態に応じて、画像記録の条件設定を最適に行なうものである。

図 1 8 は、本第 3 実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。図 1 8 の構成は、図 3 に示した構成から関係する部分を抜き出したものであるため、その構成部分の説明は省略する。

(1) 投影倍率の状態→記録画素数

図 1 9 は、本第 3 実施例の動作手順を示すフローチャートである。まずステップ 6 0 1 で、対物レンズ検出部 3 8 による対物レンズ 2 7 の情報、駆動回路部 3 7 による中間変倍光学系 3 3 の情報、写真接眼レンズ検出部 4 0 による写真接眼

レンズユニット 35 の情報から、対物レンズ 27、中間変倍光学系 33、写真接眼レンズユニット 35 の有無および倍率が、顕微鏡コントロール部 41 で検出される。

この顕微鏡コントロール部 41 で検出された情報は、電子カメラ 36 の制御部 48 に送られる。制御部 48 は、下表 10 のような対物レンズと NA の対応テーブルをメモリ 48a 内に記憶しておき、このテーブルから対物レンズの NA を求める。

表 10：対物レンズの種類と NA の対応テーブル

対物レンズ*	4倍	10倍	20倍	40倍	60倍
NA	0.16	0.4	0.7	0.8	0.9

ステップ 602 では、制御部 48 が入力された情報から撮像素子 42 上での分解能を算出する。すなわち制御部 48 は、入力された対物レンズ 27、中間変倍光学系 33 のズーム倍率、写真接眼レンズの倍率から光学系全体の結像倍率を求め、この倍率と前に求めた NA から電子カメラ 36 へ入射する光線の NA を次式により求める。

入射光線の NA = 対物レンズの NA / 光学系の結像倍率

さらに制御部 48 は、この NA から撮像素子 42 上の分解能 R を次式により求める。

$$R = 0.5 \lambda / \text{入射光線の NA} \quad \text{または} \quad 0.61 \lambda / \text{入射光線の NA}$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ：例えば $0.55 \mu\text{m}$)

次にステップ 603 で、画素ピッチが分解能の $1/2$ 以下となる最小の記録画素数を求める。すなわち、記録画素の画素ピッチを I_p としたときに、次式を満たし、かつ I_p が最大となる記録画素数を求める。

$$I_p < R / 2$$

次にステップ 604 で、この記録画素数を画像記録画素数設定部 63 へ出力する。これにより、画像記録部 59 では、顕微鏡による光学情報を欠如しない最低限の画像記録画素数のデータで記録できるようになり、画像記録部 59 での記憶

容量の節約を実現することができる。

その他、記録画素数を求める方法として以下の変形例が考えられる。

(1-1)変形例 1

光学系組合せとNAの対応テーブルからNAを求め、さらにNAから分解能を求め、分解能と記録画像の画素ピッチの関係から記録画素数を求める。

すなわち下表 1 1 のようなテーブルを制御部 4 8 のメモリ 4 8 a 内に記憶しておく。制御部 4 8 は前述のように顕微鏡コントロール部 4 1 からの情報により光学系組合せを識別し、記憶されているテーブルと比較して対応する光学系組合せによる電子カメラへ入射する光線のNAを求める。

表 1 1 : 光学系組合せとNAの対応テーブル

対物レンズ [*]	4倍	4倍	4倍	4倍	10倍	...	40倍	40倍	...
中間変倍	1倍	1倍	2倍	2倍	1倍	...	1倍	1倍	...
写真 接眼レンズ [*]	1倍	2倍	1倍	2倍	1倍	...	1倍	2倍	...
NA	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	...	0.02	0.01	...

次に、このNAから次式により分解能Rを求める。

$$R = 0.5 \lambda / \text{入射光線のNA} \quad \text{または} \quad 0.61 \lambda / \text{入射光線のNA}$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ：例えば $0.55 \mu\text{m}$)

さらに次式を満たし、かつ I_p が最大となる記録画素数を求める。

$$I_p < R / 2$$

(1-2)変形例 2

顕微鏡の結像光学系が対物レンズ 2 7 と 1 種類の結像レンズとから構成される場合に、対物レンズとNAの対応テーブルからNAを求め、さらにNAから分解能を求め、分解能と記録画像の画素ピッチの関係から記録画素数を求める。

すなわち、まず下表 1 2 のような対物レンズと撮像素子上のNAの対応テーブルを制御部 4 8 のメモリ 4 8 a 内に記憶しておく。制御部 4 8 は前述のように顕微鏡コントロール部 4 1 からの情報により、使用されている対物レンズを識別し、その対物レンズに対する撮像素子上のNAを求める。

表 1 2 : 対物レンズの種類と NA の対応テーブル

対物レンズ	4倍	10倍	20倍	40倍	60倍
NA	0.04	0.04	0.035	0.02	0.015

さらに、この NA から次式により分解能を求める。

$$R = 0.5 \lambda / NA \quad \text{または} \quad 0.61 \lambda / NA$$

(λ は光像を構成する光の波長のうちの一つ)

さらに次式を満たし、かつ I_p が最大となる記録画素数を求める。

$$I_p < R / 2$$

(2) 投影倍率の状態→圧縮率の設定

顕微鏡コントロール部 4 1 から、対物レンズ 2 7、中間変倍光学系 3 3、写真接眼レンズユニット 3 5 の組み合わせによる投影倍率の情報が、制御部 4 8 へ出力されると、制御部 4 8 では、入力された情報から光学系の投影倍率に最適な圧縮率、つまり光学系の解像力を再現できる最大の圧縮率を求め、画像圧縮率設定部 6 2 へ出力する。これにより、画像記録部 5 9 での圧縮率は、画像圧縮率設定部 6 2 に設定された圧縮率に変更されるようになり、画像記録部 5 9 での記憶容量の節約を実現することができる。画像記録画素数及び画像記録圧縮率は上記 (1) (2) のように設定されるが、以下に説明する (3) のように設定することも可能である。

(3) 観察法の状態→記録画素数、圧縮率の設定

顕微鏡コントロール部 4 1 から観察法の情報が制御部 4 8 に入力されると、制御部 4 8 では、入力された情報から観察法に最適な圧縮率と画素数を求め、画像圧縮率設定部 6 2 と画像記録画素数設定部 6 3 へ出力する。これにより、画像記録部 5 9 での圧縮率と画像記録画素数は、画像圧縮率設定部 6 2 に設定された圧縮率に変更されるとともに、画像記録画素数設定部 6 3 に設定された画像記録画素数に変更されるため、観察法に適した圧縮率及び画素数で記録を行なうことができる。

以上のように第 3 実施例によれば、顕微鏡の投影倍率又は観察法の状態に応じ

て、画像記録の条件を最適に設定できるので、検鏡者が電子カメラの扱いを熟知していなくとも、顕微鏡による観察像を常に最適な状態で記録することができる

第4実施例では、顕微鏡の動作状態に応じて、電子カメラの表示状態、動作状態の設定を最適に行なうものである。

図20は、本第4実施例に係る顕微鏡及び電子カメラの構成を示す図である。図20の構成は、図3に示した構成から関係する部分を抜き出したものであるため、その構成部分の説明は省略する。

(1) レボルバ回転動作中の処理

顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるレボルバ28の回転動作を検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。

制御部48では、入力された情報から動作直前の露出時間、ゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45、ゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、レボルバ28の回転にともなう急激な観察像の変化に起因する表示部61での表示画面の高輝度発光や暗転を避けることができ、検鏡者の不快感を低減できる。

同様にして、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるレボルバ28の回転動作を検出すると、制御部48では、顕微鏡コントロール部41から入力された情報を基にメモリコントローラ52へフレームメモリ51の書き換えを停止する指示を出力する。これによっても、レボルバ28の回転にともなう急激な観察像の変化に起因する表示部61の表示画面の高輝度発光や暗転を避けて、動作前の画像をフリーズ状態で表示し続けることができる。

(2) ステージ動作中の処理

顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるステージ26の移動動作を検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報を基に動作直前の露出時間とゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45とゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、AEによる観察像の変化をなくし、ステージ26の移動に応じた表示部61の表示画面の変化のみが得られ

、この状態でのステージ26の位置調整を簡単にできる。

同様に、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるステージ26の移動動作を検出すると、制御部48では、入力された情報を基にメモリコントローラ52へフレームメモリ51の書き換えを停止する指示を出力する。これによっても、ステージ26の移動にともなう急激な観察像の変化に起因する表示部61の表示画面の高輝度発光や暗転を避けて、動作前の画像をフリーズ状態で表示し続けることができる。

また、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるステージ26の移動動作を検出すると、制御部48では、入力された情報を基にCCD駆動モード設定部47へ撮像素子42の駆動モードを高速読出しモードに設定するように指示する。これにより、ステージ26の移動中は、撮像素子42の駆動モードが高速読出しモードに設定されるので、ステージ26の移動とともに動画像として表示される表示部61の表示画面上の観察像は見やすいものとなり、この状態からのステージ26の位置調整がし易くなる。

(3) 照明光源のON/OFFにともなう処理

顕微鏡コントロール部41が透過照明用光源13及び落射照明用光源21のランプのON/OFFを検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報、つまりランプのON/OFFに合わせて、AE設定部44に動作、停止を指示する。これにより、ランプがOFFの場合（表示部61は黒画像の状態）、AE設定部44を停止できるので、無理やり露出時間を延ばしてAEをかけようとする無駄な動作をなくすることができる。

同様に、顕微鏡コントロール部41が透過照明用光源13及び落射照明用光源21のランプのON/OFFを検出すると、制御部48では、ランプのON/OFFに合わせて、モニタ制御部64に対し表示部61の表示のON/OFFを指示する。これにより、ランプがOFFの場合（表示部61は黒画像の状態）、モニタ制御部64により表示部61の表示を強制的にOFFにできるので、節電を図ることができる。

また、顕微鏡コントロール部41が透過照明用光源13及び落射照明用光源2

1のランプのON/OFFを検出すると、制御部48では、入力された情報、つまりランプのON/OFFに合わせて、メモリコントローラ52にフレームメモリ51の書き換えの可否を指示する。これにより、ランプがOFFの場合、フレームメモリ51の書き換えを停止できるので、表示部61が黒画像の状態になってしまうことを防ぐことができる。

さらに、顕微鏡コントロール部41が透過照明用光源13及び落射照明用光源21のランプのON/OFFを検出すると、制御部48では、入力された情報、つまりランプのON/OFFに合わせて、電源回路65に通常動作モードまたは待機電流モードを指示する。これにより、ランプがOFFの場合、電源回路65を待機電流モードに設定できるので、節電を図ることができる。

(4) 照明のシャッタ動作にともなう処理

顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるシャッタ23、161のON/OFFを検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。この場合、シャッタのON/OFFの検出は、透過照明光学系11及び落射照明光学系12のいずれか一方のシャッタ23、161が開いているときにON、両方とも閉じているときにOFFが検出される。制御部48では、入力された情報、つまりシャッタ23、161のON/OFFに合わせて、AE設定部44に動作、停止を指示する。これにより、シャッタ23、161がOFFの場合、AE動作を停止できるので、無理やり露出時間を延ばしてAEを動作させようとする無駄な動作をなくすことができる。

同様に、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるシャッタ23、161のON/OFFを検出すると、制御部48では、入力された情報、つまりシャッタ23、161のON/OFFに合わせて、モニタ制御部64に対し表示部61の表示のON/OFFを指示する。これにより、シャッタ23、161がOFFの場合（表示部61は黒画像の状態）、モニタ制御部64により表示部61の表示を強制的にOFFにできるので、節電を図ることができる。

また、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるシャッタ23、161のON/OFFを検出すると、制御部48では、入力された情報、つまりシャッタ23、161のON/OFFに合わせて、メモリコントローラ52へフレー

ムメモリ51の書き換えの可否を指示する。これにより、シャッタ23、161がOFFの場合、フレームメモリ51の書き換えを停止できるので、表示部61が黒画像の状態になってしまうのを防ぐことができる。

さらに、顕微鏡コントロール部41が駆動回路部37によるシャッタ23、161のON/OFFを検出すると、制御部48では、入力された情報、つまりシャッタ23、161のON/OFFに合わせて、電源回路65に通常動作モードまたは待機電流モードを指示する。これにより、シャッタ23、161がOFFの場合、電源回路65を待機電流モードに設定できるので、節電を図ることができる。

(5) 光路切換え動作にともなう処理

顕微鏡コントロール部41が、写直接眼レンズ検出部40による写直接眼レンズユニット35の情報ははじめ、駆動回路部37によるキューブユニット30、レボルバ28、コンデンサ光学素子ユニット19、透過用フィルタユニット15、落射用フィルタユニット22の動作状態などから光路の切換えを検出すると、これらの情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。

制御部48では、入力された情報を基に動作直前の露出時間とゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45とゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、光路切換えにともなう急激な観察像の変化に起因する表示部61での表示画面の高輝度発光や暗転を避けることができ、検鏡者の不快感を低減できる。

同様に、顕微鏡コントロール部41が光路の切換えを検出すると、制御部48では、入力された情報を基にメモリコントローラ52へフレームメモリ51の書き換えを停止する指示を出力する。これによっても、光路切換えにともなう急激な観察像の変化に起因する表示部61の表示画面の高輝度発光や暗転を避けて、動作前の画像をフリーズ状態で表示し続けることができる。

(6) リタデーション調整動作にともなう処理

顕微鏡コントロール部41が、リタデーション調整動作検出部39からリタデーション調整の動作を検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から

電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報から動作直前の露出時間とゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45とゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、リタデーション調整の際のAE調整による画像の変化をなくして、リタデーション調整のみによる画像変化を表示させることができ、リタデーション調整を簡単に行なえる。

同様に、顕微鏡コントロール部41がリタデーション調整の動作を検出すると、制御部48では、入力された情報を基にCCD駆動モード設定部47へ撮像素子42の駆動モードを高速読み出しモードに設定するように指示する。これにより、リタデーション調整中は、撮像素子42の駆動モードが高速読み出しモードに設定されるので、リタデーション調整により動画像として表示される表示部61の表示画面上の観察像は見やすいものとなり、この状態からのリタデーション調整がし易くなる。

(7) ズーム動作にともなう処理

顕微鏡コントロール部41が、駆動回路部37による中間変倍光学系（ズーム鏡筒）33のズーム動作を検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報を基に動作直前の露出時間とゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45とゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、ズーム動作の際のAE調整に起因する画像の変化をなくして、ズーム動作のみによる画像変化を表示させることができ、ズーム調整を簡単に行なえる。

同様に、顕微鏡コントロール部41がズーム動作を検出すると、制御部48では、入力された情報を基にCCD駆動モード設定部47に撮像素子42の駆動モードを高速読み出しモードに設定するように指示する。これにより、ズーム調整中は、撮像素子42の駆動モードは高速読み出しモードに設定されるので、ズーム調整により動画像として表示される表示部61の表示画面上の観察像は見やすいものとなり、この状態からのズーム調整がし易くなる。

(8) AF動作にともなう処理

顕微鏡コントロール部41が、駆動回路部37によるAFユニット371のA

F動作を検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報から動作直前の露出時間とゲインを維持する旨の指示をAE設定部44へ出力し、露出時間設定部45とゲイン設定部50の動作を停止させる。これにより、AF動作の際のAE調整による画像の変化をなくして、AF動作中の表示部61上での観察像の変化を観察しやすくなる。

同様に、顕微鏡コントロール部41がAF動作を検出すると、制御部48では、入力された情報を基にCCD駆動モード設定部47に撮像素子42の駆動モードを高速読出しモードに設定するように指示する。これにより、AF動作中は、撮像素子42の駆動モードは高速読出しモードに設定されるので、AF動作により動画像として表示される表示部61の表示画面上の観察像は見やすいものとなる。

(9) 動作休止状態の検出

顕微鏡コントロール部41と顕微鏡各部位との間で一定時間情報のやり取りがないような場合、その旨を示す情報は、顕微鏡コントロール部41から電子カメラ36の制御部48へ送られる。制御部48では、入力された情報を基にモニター制御部64に対し表示部61の表示を強制的にOFFにさせる指示を与える。これにより、顕微鏡コントロール部41への情報のやり取りが一定時間ない場合は、モニター制御部64により表示部61の表示を強制的にOFFにできるので、節電を図ることができる。

同様に、顕微鏡コントロール部41と顕微鏡各部位との間で一定時間情報のやり取りがない場合、制御部48では、入力された情報に合わせて電源回路65に待機電流モードを指示する。これにより、顕微鏡コントロール部41への情報のやり取りが一定時間ない場合は、電源回路65を待機電流モードに設定できるので、節電を図ることができる。勿論、顕微鏡コントロール部41へ情報が送られた場合は、電源回路65は、通常モードに復活される。

(10) 三眼鏡筒ユニットの光路切換えにともなう処理

顕微鏡コントロール部41が、駆動回路部37の情報として、三眼鏡筒ユニット5にて観察光路S'を使用する接眼レンズ6aのみで観察が行なわれているこ

とを検出すると、この情報は、顕微鏡コントロール部 4 1 から電子カメラ 3 6 の制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、入力された情報を基にモニタ制御部 6 4 に対し表示部 6 1 の表示を強制的に OFF にさせる指示を与える。これにより、接眼レンズ 6 a のみでの観察の間は、モニタ制御部 6 4 により表示部 6 1 の表示を強制的に OFF にできるので、節電を図ることができる。

同様に、顕微鏡コントロール部 4 1 が接眼レンズ 6 a のみでの観察を検出すると、制御部 4 8 では、入力された情報に合わせて電源回路 6 5 に待機電流モードを指示する。これにより、接眼レンズ 6 a のみでの観察の間は、電源回路 6 5 を待機電流モードに設定できるので、節電を図ることができる。勿論、接眼レンズ 6 a のみでの観察が終了して、電子カメラ 3 6 への観察光路 S “が使用される場合、電源回路 6 5 は通常モードに復活される。

(1 1) 蛍光観察中の処理

顕微鏡コントロール部 4 1 から観察方法の情報が制御部 4 8 に入力されると、制御部 4 8 では、入力された情報を基に観察法に最適な冷却温度を求め、冷却温度設定部 4 2 2 にその温度を設定させる。例えば、露出時間が長くなる蛍光観察では、冷却温度を低く設定し、露出時間が短い明視野観察では、冷却をしないという設定を行なう。これにより、不要な冷却を行わず消費電力の節約を図ることができる。

さらに、観察方法の情報が制御部 4 8 に入力され、蛍光観察が行なわれていることが検出されると、制御部 4 8 は、撮像時は表示部 6 1 を OFF させるか、または表示部 6 1 の一部に残露出時間を表示し他の部分は低輝度または無発光状態にする。蛍光観察では、迷光を避けるために室内照明を消す場合があるが、さらにモニタである表示部 6 1 からの迷光をなくすことができ、より高精度の観察を行なうことができる。

以上のように第 4 実施例によれば、顕微鏡の動作状態に応じて、電子カメラの表示状態、動作状態の設定を最適にできるので、検鏡者が電子カメラの扱いを熟知していなくとも、顕微鏡による観察像を常に最適な状態で撮像することができる。

第 5 実施例では、顕微鏡システムの周囲の種々の状況を検出する各種検出部か

ら検出出力が与えられる場合について説明する。

まず、顕微鏡システムの周囲の温度を、設置環境の温度として温度検出部 6 8 が検出すると、この環境温度は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、温度検出部 6 8 で検出された環境温度が予め設定された動作保証範囲にあるか否かを判断し、この範囲から外れると、警告表示部 7 7 にその旨を表示させる。これにより、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用に対して警告を発することができる。

同様に、温度検出部 6 8 が環境温度を検出し、制御部 4 8 が温度検出部 6 8 で検出された環境温度が予め設定された動作保証範囲を超えていることを判断すると、制御部 4 8 は冷却部 7 3 へ動作指令を与え、顕微鏡の周囲を強制的に冷却させる。これにより、使用条件に適した環境で顕微鏡システムを使用することができる。

また、温度検出部 6 8 が環境温度を検出し、制御部 4 8 が温度検出部 6 8 で検出された環境温度が予め設定された動作保証範囲より低いことを判断すると、制御部 4 8 は暖房部 7 4 へ動作指令を与え、顕微鏡の周囲を強制的に暖房させる。これにより、使用条件に適した環境で顕微鏡システムを使用することができる。

なお、制御部 4 8 では、温度検出部 6 8 で検出された環境温度が予め設定された動作保証範囲から外れていることを判断した場合、電源回路 6 5 へ OFF 指令を与えて給電を強制的に中止することもできる。このようにすれば、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用を防止できる。

次に、顕微鏡システムの周囲の湿度を、設置環境の湿度として湿度検出部 6 9 が検出すると、この環境湿度の情報は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、湿度検出部 6 9 で検出された環境湿度が予め設定された動作保証範囲にあるか否かを判断し、この範囲から外れると、警告表示部 7 7 にその旨を表示させる。これにより、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用に対して警告を発することができる。

同様に、湿度検出部 6 9 が環境湿度を検出し、制御部 4 8 が湿度検出部 6 9 で検出された環境湿度が予め設定された動作保証範囲を超えていることを判断すると、制御部 4 8 は乾燥部 7 5 へ動作指令を与え、顕微鏡の周囲を強制的に乾

燥させる。これにより、使用条件に適した環境で顕微鏡システムを使用することができる。

なお、制御部 4 8 では、湿度検出部 6 9 で検出された環境湿度が予め設定された動作保証範囲から外れていることを判断した場合、電源回路 6 5 へ OFF 指令を与えて給電を強制的に中止することもできる。このようにすれば、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用を防止できる。

次に、顕微鏡システムの周囲の気圧を、設置環境の気圧として気圧検出部 6 6 が検出すると、この環境気圧の情報は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、気圧検出部 6 6 で検出された環境気圧が予め設定された動作保証範囲にあるか否かを判断し、この範囲から外れると、警告表示部 7 7 にその旨を表示させる。これにより、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用に対して警告を発することができる。

次に、顕微鏡システムの周囲の明るさを、設置環境の明るさとして環境照度検出部 7 0 が検出すると、この環境照度の情報は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、モニタ制御部 6 4 に指示を与えて、環境照度に対する表示部 6 1 での表示の明るさが最適になるように調整させる。これにより、顕微鏡システムの設置環境の明るさにかかわらず、最も見やすい表示部 6 1 の明るさを設定することができ、最適な環境下で観察作業を行なうことができる。

次に、顕微鏡システムの周囲の環境照明光の分光特性を環境照明分光特性（または色温度）検出部 7 1 が検出すると、この分光特性（または色温度）の情報は、制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、顕微鏡システムの設置される環境照明下での表示部 6 1 の表示画像が目視観察像に近い色に再現できる色マトリックスを求め、色マトリックス設定部 5 6 へ出力する。これにより、画像調整部 5 3 の色マトリックスは、色マトリックス設定部 5 6 に設定された色マトリックスパターンに変更され、顕微鏡システムの設置環境における照明光の分光特性（または色温度）にかかわらず、目視観察と同じ観察像を表示部 6 1 上に再現できる。

次に、顕微鏡システムに伝えられる振動を振動検出部 7 2 が検出すると、この振動の振幅情報は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、振動検出部 7 2 で検出された振動の振幅が予め設定された動作保証範囲にあるか否かを判断し、この

範囲から外れると、警告表示部 7 7 にその旨を警告表示させる。これにより、使用条件として適さない振動が与えられた状況での顕微鏡システムの使用に対して警告を発することができる。

同様に、顕微鏡システムに伝えられる振動を振動検出部 7 2 が検出すると、制御部 4 8 では、振動検出部 7 2 で検出された振動の振幅が予め設定された動作保証範囲にあるか否かを判断し、この範囲から外れると、像ぶれ警告表示部 7 6 にその旨を警告表示させる。これにより、使用条件として適さない顕微鏡システムの使用に対して警告を発することができる。

また、顕微鏡システムに伝えられる振動を振動検出部 7 2 が検出すると、制御部 4 8 では、振動検出部 7 2 で検出された振動の振幅に応じた最長露出時間を求め、露出時間設定部 4 5 へ出力する。これにより、観察像の撮像条件として最長露出時間を設定できるので、顕微鏡システムにある程度の振動が加わっていても、これらの悪条件を意識せずに撮像を続けることができる。

さらに、顕微鏡システムに伝えられる振動を振動検出部 7 2 が検出し、制御部 4 8 が振動検出部 7 2 で検出された振動の振幅が予め設定された除振開始範囲にあると判断すると、制御部 4 8 はアクティブ除振制御部 7 8 に除振開始を指示する。これにより、顕微鏡システム自身の振動を除去することができ、使用条件として適さないような環境下での顕微鏡システムの使用が可能になる。

なお、制御部 4 8 では、検出された振動の振幅が予め設定された動作保証範囲から外れていることを判断すると、電源回路 6 5 へ OFF 指令を与えて給電を強制的に中止することもできる。このようにすれば、使用条件として適さない環境での顕微鏡システムの使用を防止できる。

次に、顕微鏡システムの設置環境の磁場を磁場検出部 6 7 が検出すると、この磁場強度に応じた情報は制御部 4 8 へ送られる。制御部 4 8 では、モニタ制御部 6 4 に指示を与え、磁場検出部 6 7 で検出された情報に基づいて表示部 6 1 のデガウスを指示する。これにより、検鏡者が意識してデガウスを行なわなくても、顕微鏡システムの設置環境の磁場の変化に応じて自動的にデガウスを行なうことができる。

次に、顕微鏡システムの設置地域を GPS などの位置検出部 6 5 1 が検出する

と、この地域情報は制御部４８へ送られる。制御部４８では、位置検出部６５１で検出された地域情報に基いて顕微鏡システムの設置場所での公用語を求め、システム中で使用する全ての言語を変更する。これにより、顕微鏡システムが地球上のどの地域に設置されていても、検鏡者は意識することなく、設置地域の言語を使用した表示によるシステムを操作できる。

なお、以上の各実施例で説明した各動作は、競合しない範囲で同時に行なうことが可能であり、図示しない設定部による制御部４８への指示により、検鏡者の必要に応じた各動作を適宜選択可能である。

以上述べたように本発明によれば、顕微鏡側の設定及び動作状態に基いて電子カメラを最適な条件に自動的に設定できるので、観察者が電子カメラの扱いを熟知していなくとも、顕微鏡による観察像を常に最適な状態で撮像することができる。

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader aspects is not limited to the specific details and representative embodiments shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the general inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.